

植栽木の葉量増加に伴う林野火災発生危険度の変化予測

- 熊本市立田山での事例 -

Simulation for change in the wild fire hazard change caused by the growth of planted tree's canopy
- Case study of Tatsutayama forest, Kumamoto city -玉井幸治^{*1}・後藤義明^{*1}Koji TAMAI^{*1} and Yoshiaki GOTO^{*1}

* 1 森林総合研究所

要旨：林冠が閉鎖している森林では林床に達する日射量が少ないため、林野火災の発生危険度は低い。しかし皆伐後の新植地では林床可燃物は乾燥しやすく、林野火災の発生危険度は高い。一方、木材自給率が30%にまで回復するなど、新植地の増加に伴う林野火災件数の増加が予想される。植栽木の成長による葉量の増加に伴って林床に達する日射量は減少し、林野火災の発生危険度も減少していくと考えられるが、その減少速度を明らかにすることは、林野火災の防止施策を講じる上で重要である。本研究では、熊本市立田山における観測から、林冠の閉鎖した森林に比べて新植地での林野火災発生危険度は飛躍的に大きいことを明らかにした。また葉量の増加に伴う林野火災発生危険度の減少速度をモデル計算したところ、林野火災発生危険度が十分に低下するには、葉面積指数が4~5程度になるまで植栽木が成長する必要があることがあきらになった。

キーワード：林床可燃物含水比・日射量・Beer-Lambert法

Abstract: In the forest with closed canopy, fuels on the forest floor is less likely to dry and wildfire hazard is judged to be low caused that fewer radiation reaches to the forest floor. On the contrary, in the newly planted forest following the clear cutting, fuels is likely to dry and wildfire hazard is judged to be high caused that larger radiation reaches to the forest floor. In these days, the area of newly planted forest and the number of wild fire is expected to increase because forest harvest is increasing in Japan. In the growing process of planted trees, canopy becomes closer and fewer solar radiation reaches to the forest floor is thought to make the wildfire hazard to decrease. It is significant to predict the decrease speed of wildfire hazard caused by the canopy growth for the creation of the adaptation against the wildfire increase. In this study, the wildfire hazard was estimated to be much larger in the newly planted forest than that in the forest with closed canopy using the observation data in Tatsutayama, Kumamoto city. The simulation of wildfire hazard in the process of canopy growth shows that planted trees with leaf area to be 4-5 is necessary to decrease the wildfire hazard in effective.

Key-word: Water content in fuel moisture on forest floor, Solara radiation, Beer-Lambert method

はじめに

日本国内には収穫期を迎えた人工林が多く存在する事を背景に木材自給率が30%にまで回復するなど、国産材時代の到来が期待されている。その場合、皆伐地や新植地が増えることになる。一般に林冠が閉鎖した森林では林床に到達する日射量が少ないために可燃物は乾燥しにくく林野火災発生の危険度は低い。それに対して新植地では林床に到達する日射量が多いため可燃物が乾燥しやすく林野火災の発生危険度が高い。新植地では、樹木の成長に伴って林床に届く日射量が減るにつれて林野火

災発生危険度は低下していく。ここで重要なのは、植栽後に樹木がどの程度まで成長すれば、林野火災発生の危険性が十分に低下するのかということである。

植栽後数年間の植栽木の成長量と相対日射率の関係に基づいて、植栽からの年数経過に伴う林野火災発生危険度の低下速度を明らかにできるのが理想的である。植栽木の成長速度に関する研究は、造林学において多くなされてきた。しかしそのほとんどは年齢(5年間)ごとの測定によるものがほとんどであり、植栽から数年間を対象とする本研究に有用であるものは極めて少ない。また

植栽直後の森林における林床面日射量について報告した例は希である。そこで本研究では、相対照度と葉面積指数の関係式である Beer-Lambert の法則による経験式を援用して、相対日射率と LAI の関係を求めた。そして熊本市立田山の林分を対象に、葉量増加に伴う林野火災発生危険度の低下速度の評価を試みた。

なお、本研究では日射量を扱っているのに対し、Beer-Lambert の法則による経験式は照度を扱っている。照度と日射量は対象とする光の波長域が異なるため、算出される LAI は若干異なる可能性はある。この点については実際の植栽地での長期観測を実施するなどにより、今後検証を行いたい。しかしその観測結果を得るには数年を要することから、本研究では計算結果を速報値として示す。

林野火災発生危険度の評価方法

1. 林床可燃物含水比予測モデル 林野火災発生危険度を評価するため、林床日射量などから林床可燃物含水比を予測するモデル(2)を用いた。このモデルは、林床可燃物の貯水量を示すタンクを1段のみ有しているタンクモデルである(図-1)。タンク内での貯留水の深さは、林床面含水比に相当する。降水はタンクにまず貯留される。タンクから溢れた水はより深い土壌へと浸透していく。タンク内の水は(1)式によって計算する蒸発量(E : mm)によって減少する(3)。

$$E = (1.02 \times 10^{-6} \theta - 1.3 \times 10^{-5}) S, \quad \theta < 180\% \text{の時}$$

$$= 1.7 \times 10^{-4} S, \quad 180\% \leq \theta \text{の時} \quad (1)$$

ここで、 S は林床面日射量(kJ m^{-2})、 θ は林床可燃物含水比(%)である。また θ_{max} (最大含水比) は 200% とした。 θ の計算単位は 1 時間とした。

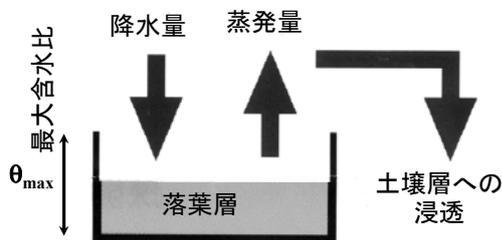


図 - 1. 林床可燃物含水比予測モデルの概要(3)
Fig.1 Outline of the estimation model for fuel moisture content on forest floor(3).

厳密には、森林タイプによって落葉層の厚さが異なり、そのため θ_{max} の値はヒノキ林とスギ林では異なると考えられる。一方で(3)は、後述する林野火災危険日出現割合は、落葉層の厚さよりも林内光環境に大きく依存していることを報告している。このことから θ_{max} の値の違いが、本研究が対象としている林野火災発生危険度の算出に及ぼす影響は、光環境の違いに比べて小さいと考えられる。そこで本研究では、 θ_{max} の値を固定した。

2. 林野火災発生危険度の定義 林床可燃物が十分に湿っている場合には、火がついても燃えあがる危険性はきわめて低い。林床可燃物が次第に乾燥していく過程で、燃え上がる可能性が高くなるまで乾燥した時点の含水比を臨界含水比($\theta_c, \text{g g}^{-1}$)と定義する。そして θ が θ_c よりも小さい場合には林野火災発生の危険性がある。 θ の最小値が θ_c 以下である日を林野火災危険日であると定義した。そして評価対象の総日数のうち林野火災危険日と判断された日数の占める割合を林野火災危険日出現割合と定義し、林野火災発生危険度の指標とする。

3. 相対日射率と葉面積指数の関係 Beer-Lambert の法則(例えば1)より、林外照度(I_0)、林内照度(I)と葉面積指数(LAI)は(2)式によって表される。

$$I = I_0 \exp(-K LAI) \quad (2)$$

ここで、 K は吸光係数である。

本研究では、 I_0 と I をそれぞれ林外日射量(S_0)と林床面日射量(S)に見立て、(2)式を変形した(3)式によって相対日射率から LAI を算出する。

$$LAI = -\ln(S/S_0)/K \quad (3)$$

観測林分と観測方法

観測は森林総合研究所九州支所の立田山実験林(北緯 32 度 50 分、東経 130 度 44 分)内のヒノキ、スギそれぞれの植林地とスギ林の 3 林分(表-1)において観測を行った。それぞれの林分にて林床面日射量(S-LIB-M003、Onset 社製)を 10 秒間隔で測定し、データロガー(HOBO Micro Station、Onset 社製)に 1 時間平均値を収録した。

降水量と林外日射量の値には、観測林分より西方約 2km に位置する熊本地方気象台(北緯 32 度 49 分、東経 130 度 42 分)による観測値を用いた。モデルによる計算は 2006 年 6 月 22 日~2007 年 6 月 30 日に行った。2006 年 6 月 22~30 日にかけて観測された 531mm の降雨によ

表 - 1. 観測林分の概要

Table 1 Observation forest stand.

Site No.	林班	植生	斜面方位	幹密度 (N ha ⁻¹)	胸高断面積合計 (m ² ha ⁻¹)	備考
1	9に	ヒノキ	南東	2,300	5.25	植林地、胸高断面積合計は地際直径から算出
2	10に	スギ	南	2,300	4.81	植林地、胸高断面積合計は地際直径から算出
3	6に	スギ	北西	1,300	61.56	

り、モデル中の林床可燃物タンクの含水比が最大値に達した事を確認したうえで、2006年7月1日～2007年6月30日を、林野火災発生危険度の評価期間とした。

IV 結果と考察

1. 林床面・林外日射量と降水量 林野火災発生危険度の評価に用いた林床面・林外日射量と降水量の月別値を図 - 2 に示す。年間降水量は 2097mm であった。熊本地方気象台における年間降水量平年値 1985.8mm に比べると、降水量の多い期間であった。その中では 10月の降水量が 11mm と少なかった。

林外日射量に対する各林分における林床面日射量の割合である年平均での相対日射率は、ヒノキ新植地で 47%、スギ新植地で 70%、スギ林で 5% であった。

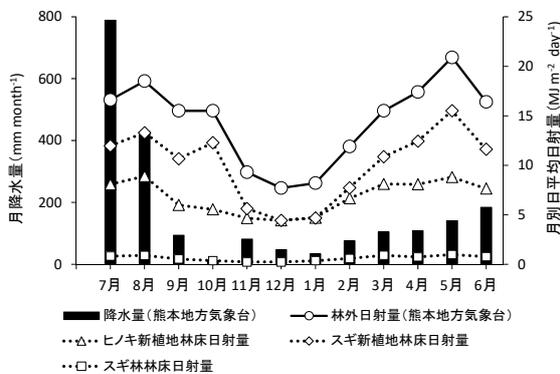


図 - 2. 降水量、日射量の月別観測値
Fig.2 Observed monthly precipitation and solar radiation.

2. 観測林分における林野火災発生危険日出現割合

本研究では、室内実験による結果(2)から θ_{cr} を 20% として計算を行った。

(1)式を用いたモデル計算による観測林分の林野火災危険日出現割合の月別変化を図 - 3 に示す。スギ林での林野火災危険日出現割合は全ての月において 0% であった。それに対しヒノキ新植地、スギ新植地の両者での林

野火災危険日出現割合は全ての月において 50% 以上であった。割合が最小であったのは、7月のヒノキ新植地での 52% であった。割合が最大であったのは、スギ新植地での 10月と3月における 97% であった。ヒノキ新植地で割合が最大であったのは 10月と3月の 90% であった。

年間での林野火災危険日出現割合は、ヒノキ新植地とスギ新植地でそれぞれ 70% と 80% であった。林野火災危険日と判定された日数では、ヒノキ新植地で 254 日、スギ新植地で 291 日であったのに対し、スギ林では 0 日であった。

新植地では、林野火災発生危険度が著しく高いことが改めて示された。

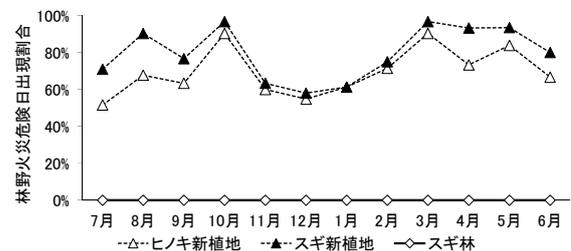


図 - 3. 観測値に基づいた各林分の林野火災危険日出現割合の月別値
Fig.3 Monthly ratio of wildfire hazard estimated with the observed precipitation and solar radiation.

3. 相対日射率の低下に伴う林野火災発生危険日出現割合の変化

林床可燃物含水比予測モデルを用いて算出した相対日射率の違いによる林野火災危険日の年間での出現割合の変化を図 - 4 に示す。モデルに入力した林床面日射量には、熊本地方気象台による林外日射量観測値に相対日射率を乗じた値を用いた。

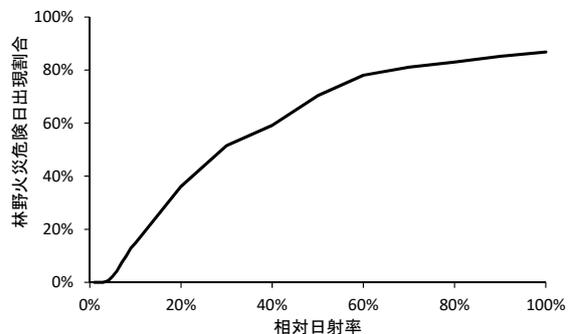


図 - 4. 相対日射率と林野火災危険日出現割合の関係
Fig.4 Relationship between relative solar radiation ratio and wildfire hazard.

相対日射率と林野火災危険日出現割合の関係は、上に凸の単調増加の関係が得られた。相対日射率が 100%での林野火災危険日出現割合は 87%であった。相対日射率が 30%、8%、3%にまで低下すると、林野火災危険日出現割合はそれぞれ 50%、10%、0%にまで低下した。

4. 植栽木の葉量増加に伴う林野火災発生危険度の変化予測

(1)では、(3)式に用いている K 値について、4つのヒノキ林、スギ林における値を例示している。その範囲は 0.52~0.97であった。そこで本研究では、この範囲の中央値の小数点以下2桁目を四捨五入した 0.7を K 値として(3)式を計算した。それによって得算出された LAI と相対日射率、林野火災危険日出現割合との関係を図 - 5 に示す。LAI と相対日射率の間には変曲点のない明瞭な曲線関係が得られた。スギ林の一般的な LAI である 4~6 における相対日射率は 2~6%程度と算出された。これは本研究においてスギ林で観測された相対日射率が 5%であった結果と合致する。本研究で K に用いた 0.7 の数値は、概ね適切であることを意味している。一方 LAI と林野火災危険日出現割合の間には、変曲点のある曲線関係が得られた。すなわち LAI が 0.7 より小さい範囲では、曲線の傾きが緩やかであった。また LAI が 5.0 以上の範囲では、林野火災危険日出現割合が 0%であった。LAI が 4.0 のときの林野火災危険日出現割合は 4%であった。

林野火災危険日出現割合が 4%や 0%に低下するには、LAI が 4~5 程度になるまで植栽木が成長する必要があることが示され、そのためには数年以上の時間を要すると思われた。

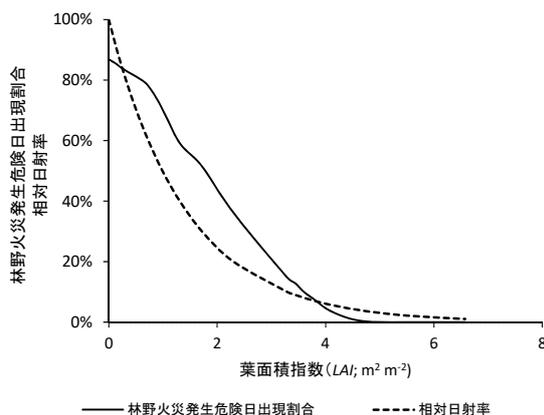


図 - 5. 葉面積指数と林野火災危険日出現割合、相対日射率の関係

Fig.5 Relationship between leaf area index, wildfire hazard and relative solar radiation ratio.

V まとめ

熊本市立田山のヒノキ新植地、スギ新植地、スギ林における林野火災発生危険度を観測値に基づいて計算した。その結果、新植地では林野火災発生危険度が著しく大きいことが、改めて示された。

Beer-Lambert の法則による経験式を援用して算出した LAI を用いて、植栽木の成長によって林野火災発生危険度が十分に減少するのに必要な葉量を推定した。その結果、林野火災危険日出現割合が 4%や 0%に低下するには、LAI が 4~5 程度になるまで植栽木が成長する必要があることが示された。

ただし本研究で示した LAI の数値には、照度と日射量の違いや、吸光係数 K の値による不確実性が含まれていると考えられる。実際の植栽地での長期観測を実施するなどにより、今後検証を行う必要がある。

謝辞：本研究は、森林保険センター委託プロジェクト課題「気象害のリスク評価手法に関する研究」によって行った。

引用文献

- (1) 千葉幸弘(2004)CO₂ 収支評価における森林構造と動態．地球環境 9(2) : 213-220.
- (2) 小林忠一・玉井幸治・服部重昭・西山嘉寛 (1991) 林野火災の延焼速度に関する実験的研究 - 傾斜角と林床可燃物の影響 - . 日本林学会誌 73 : 73-77.
- (3) 玉井幸治(2009) 林床可燃物含水比の予測 - 林冠下の光環境に基づいて - . 水利科学 308 : 29-51.